

48V GaN 負載點轉換器

■作者：Michael Seeman/ 美國德州儀器系統與應用工程經理

GaN 裝置大舉進軍電力電子市場，強調電容更低與零反向恢復，將大幅提高效能，並開拓新市場，其中包括在伺服器與電信領域內，自 48V 匯流排直接提供高電流負載，過去得採用雙階段解決方案，包括匯流排轉換器與負載點電壓穩壓模組，單階段模式更具優勢，不僅效能更佳，也一併改善暫態響應與封裝。

本應用以 48V 匯流排軌為主，恰好介於伺服器與電信領域日益常見的 36V 至 60V 範圍，本設計可直接擴大規模，以降低輸出電壓與提高輸出電流，而對於處理器類的負載，電流與電壓轉換率的暫態響應都很快，本文將介紹這兩種設計考量，並分析轉換器。

傳統設計共有兩階段，48V 匯流排通常連接 AC/DC 整流器與備用電池組，透過背板匯入伺服器模組，再使用未穩壓的匯流排轉換器，從 48V 降轉至 9-12V，這些轉換器均採取磚式封裝（如 1/4 磚、1/8 磚），效能可達 96%。第二階段為多相位降壓轉換器，將電流傳送至負載，這些轉換器以 500 kHz 左右運作，經過優化後，可發揮快速暫態效能，效能可達 92%；由於第二階段必須以 5:1 或更高比例轉換電壓，尤其在輕負載條件下，得使用相當大的電感管理漣波電流，以提升效能，而單階段解決方案可

維持或提高切換頻率，同時縮小封裝及提升效能。

單階段轉換

在單階段 48V 至 1.8V 轉換拓樸中，使用硬式切換、半橋式獨立轉換器與電流倍增輸出，圖 1 為線路結構，開關數量與雙相位降壓轉換器相同，運作也類似，一次側半橋內含半橋 GaN 模組，以及一組供其他變壓器終端使用的 DC 隔離電容；二次側電流倍增包括兩項同步整流器電晶體與兩項輸出電感。一次側開關的工作週期決定轉換率，而同步整流器 FET 則配合一次側開關運作。

GaN 因為無反向恢復，並改善了切換特性，在此應用提供一大優勢，且為達到小封裝及快速暫態響應，必須以低輸出電容與切換損耗維持高切換頻

圖 1：單階段 48V 至 1.8V 轉換器簡圖

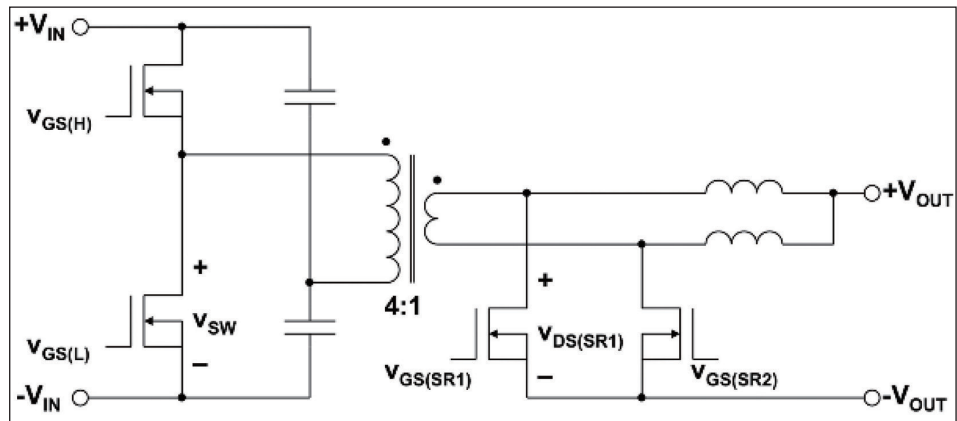


表 1：裝置參數與損耗元件

	GaN LMG5200	EPC 2023	Si 100 V, 16 mΩ	Si 25 V, 1.05 mΩ
	18 mΩ, 80V	1.3 mΩ, 30V	16 mΩ, 100V	1.05 mΩ, 25V
Q_G	3.4 nC @ 5V	20 nC @ 5V	19 nC @ 10V	29 nC @ 4.5V
Q_{OSS}	16 nC @ 50V	12 nC @ 5V	25 nC @ 50V	21.5 nC @ 5V
t_{sw}	~ 1.5 ns	~ 1.5 ns	~ 5 ns	~ 5 ns
Q_{RR}	0 nC	0 nC	83 nC	5 nC
Q_G Loss		117 mW		335 mW
Q_{OSS} Loss		912 mW		1458 mW
t_{sw} loss		180 mW		600 mW
Q_{RR} loss		0 mW		60 mW

率；二次側需要低反向恢復電荷切換，以符合表現及功率損耗需求。表 1 比較 LMG5200 GaN 模組與矽 FET 的相關表現參數。

$$P_{sw} = f_{sw} \left(2(Q_{G,pri} V_{G,pri} + Q_{G,sec} V_{G,sec}) + 2 \left(Q_{OSS,pri} + \frac{Q_{OSS,sec}}{n} \right) V_i + t_{sw} I_{PRI} V_i + 2 \frac{Q_{RR,sec} V_i}{n} \right) \quad (1)$$

GaN 的優勢在於切換損耗，而在相同導通電阻條件下，磁學損耗與傳導損耗則與矽開關相同，依據一(如上)，切換損耗包含閘極驅動損耗、輸出電容能量、V-I 切換損耗，以及二次側開關的反射反向恢復， $Q_{G,PRI}$ 與 $Q_{G,SEC}$ 為總閘極電荷， $V_{G,PRI}$ 與 $V_{G,SEC}$ 為閘極驅動電壓， $Q_{OSS,PRI}$ 與 $Q_{OSS,SEC}$ 分別為一次側與二次側開關的輸出電荷， V_{IN} 為輸入電壓， T_{SW} 為切換時間， I_{PRI} 為流經一次側開關的電流， $Q_{RR,SEC}$ 為同步整流器 FET 的反向恢復電荷， n 為變壓器圈數比，其中可依據空檔時間降低第一塊元件損耗，部分波谷切換亦可提升效能。

表 1 列舉在 GaN 設計與矽製設計中，個別損耗元件每一週期的損耗，其中兩種設計部分元件相同，故列表不包含磁學或傳導損耗，當變壓器圈數比 4:1、切換頻率 500 kHz 時，GaN 設計的閘極與切換損耗為 1.21W，而矽製設計損耗為 2.45W。

暫態表現優勢

相較於傳統 12V 解決方案，單階段 48V 至負載點轉換器展現暫態響應優勢，輸出電感數值決定負載電流轉換速度，電感愈小時，潛在轉換率愈大，許多負載點降壓控制器設有最低運作時間門檻，限制轉換器最大運作頻率與最低電感，由於單階段解決方案在大多數轉換率之中，都會使用變壓器，工作週期會大於 12V 降壓轉換器。

最低運作時間內，工作週期擴大可提高切換速率與降低電感，由於轉換器拓樸與控制對稱，一次側電容可抵銷線路偏移，因此在快速工作週期轉換時，不需擔心核心飽和。相較於軟式切換轉換器拓樸，硬式切換轉換器沒有高 Q 諧振網絡或其他阻抗網絡，因此暫態更快。

實驗結果

圖 2 為 48V 至負載點轉換器原型圖片，適合 500 kHz 運作，LMG5200 80 V GaN 半橋式模組位於變壓器左側，變壓器圈數比為 4:1，並使用繞圈產生電阻，無間格核心能降至磁化電流與洩露電感，兩項 440 nH 輸出電感位於右側，同步整流器 MOSFET 位於印刷電路板下側。功率級的尺寸為 28 mm 乘 50 mm，本範例混合矽與 GaN，一次側使用 LMG5200 GaN 裝置，二次側使用 25 V、1.05 mΩ 矽製 MOSFET。

圖 3 為轉換器的切換波形，輸入電壓 48V，輸出負載為 1.8V 與 20A，控制轉換器工作週期的一次側開關工作週期不到 50%，同步整流器 FET 工作週

圖 2：48V 至負載點轉換器的印刷電路板配置

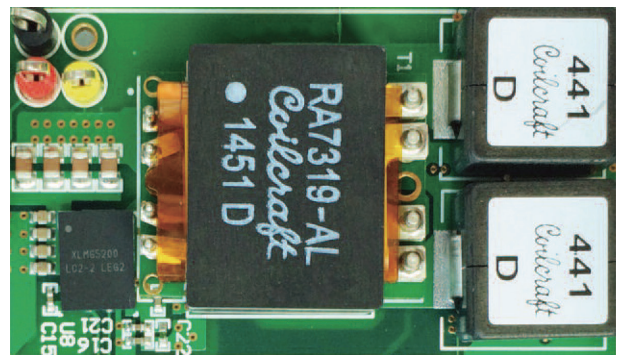


圖 3：48V 至 1.8V 轉換器的示波圖

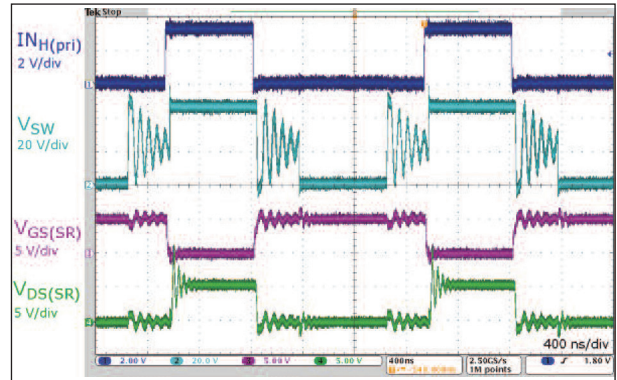
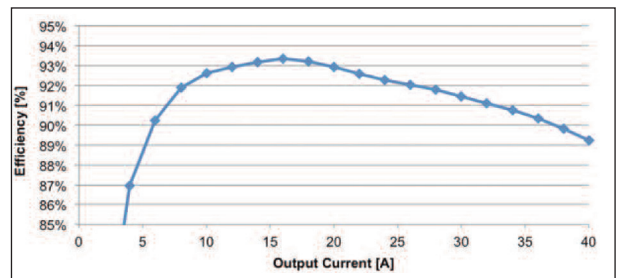


圖 4：48V 轉換至 1.8V 在 500 kHz 條件下的效能



期高於 50%。在一次側的空檔時間內，洩露電感與一次側開關的輸出電容相連，洩露電感會影響輸出波形，但印刷電路板與變壓器設計良好後，可降低影響層面。

圖 4 呈現轉換器在 500 kHz 條件下的效能，峰值效能超過 93%，半負載效能亦達 92.9%，遠高於雙階段式解決方案；在高負載電流時，效能受到線路內 DC 與 AC 電阻影響，也受到同步整流器 FET 的反向恢復影響。若在同步整流器階段使用 GaN，排放反向恢復損耗，則可達到更高效能。

結論

本應用充分反映出 GaN 的優點，和傳統解決方案相比，單階段轉換效能更高、尺寸更小、暫態響應更佳，本文介紹如何使用 GaN 半橋式模組設計轉換器，並在低電感封裝內建兩項 GaN FET 與優化驅動器。這項模組搭配德州儀器控制器與 MOSFET 驅動器，能為 48V 負載點轉換器提供小巧又彈性的解決方案，例如 48 V 至 1.8 V、40 A 轉換器的峰值效能超過 92%。

參考文獻

- [1] Narendra Mehta, GaN FET Performance Advantage Over Silicon, Power Electronics Europe, May 2015
- [2] Texas Instruments, 80-V, GaN Half-Bridge Power Stage, LMG5200 datasheet, March 2015

CTA

德州儀器推出具 EMC 性能的零堵塞高速 CAN 收發器產品系列

德州儀器 (TI) 推出了兩個控制器區域網路 (CAN) 收發器的產品系列，其符合美國和歐洲汽車製造商所有的電磁相容性 (EMC) 工業需求。具有高匯流排故障保護功能、高速 CAN 靈活資料速率 (FD) 和業界最短的環路延遲，TCAN1042 和 TCAN1051 CAN 收發器產品系列可以為各種車用和工業應用提供業界最佳的保護和高性能組合。

新型 CAN 收發器產品系列的主要特點和優勢：

- 符合各大國際組織的 EMC 標準：16 個通過汽車電子委員會 (AEC) Q100 認證的裝置符合美國 (美國汽車工程師協會 [SAE] J2962) 和歐洲 (Ingenieurburo fur Industrielle Elektrotechnik [IBEE] - 茨維考) 汽車製造商的 EMC 要求。8 個工業裝置符合國際無線電干擾特別委員會 (CISPR) 22、國際電子電機委員會 (IEC) 61000-4-6(高達 10V)、IEC 61000-4-4 標準 A(高達 ±4kV) 和 IEC61000-4-3(高達 100V/ 公尺, 80MHz 到 2.7GHz) 的需求。
- 可去除共模電感：這些裝置無需外部雜訊抑制共模電感元件，從而減少了車用和工業設計中的材料成本和空間。
- 高匯流排故障和靜電放電 (ESD) 保護功能：除了保護 24 VDC 工業電源外，高匯流排故障保護高達 70V，超出 12V、24V 和 48 伏特電池的要求，可以防止 CAN 匯流排針腳出現短路直流電壓的問題。具高達 ±15kV 的 ESD 保護，無需外接瞬態電壓抑制 (TVS) 二極體，節省了電路板的空間和成本。
- 頻寬的提升：高達 5 Mbps 的高速 CAN FD 提高了 CAN 網絡上電子控制單位和節點之間的溝通速度和資料傳輸能力。
- 領先業界的靈活性：175 ns 為業界最短的環路延遲，可以實現具有更多餘量的系統設計，更長網路時間和更多的 CAN 匯流排節點。

工程師能夠快速和方便地透過評估模組 (EVM) 來評估 TCAN1042 和 TCAN1051 系列的性能。

TCAN1042 和 TCAN1051 兩大產品系列的 24 款 8 個排針腳的 CAN 收發器已經開始供貨。TCAN1042 裝置包含具有匯流排喚醒功能及故障保護、位元速率和電平移位變化的待機模式。TCAN1051 裝置包含靜音模式和多樣的故障保護、位元速率和電平移位變化。